

Family list

1 family member for:

JP2002068079

Derived from 1 application.

[Back to JP2002068](#)

1 ACTIVE ANTI-ROLLING DEVICE

Publication info: **JP2002068079 A** - 2002-03-08

Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide

ACTIVE ANTI-ROLLING DEVICE

Publication number: JP2002068079

Publication date: 2002-03-08

Inventor: KOIKE YUJI; TANIDA KOJI; IMAZEKI MASANORI;
YAMADA SHINGO; SUDA YOSHIHIRO; NAKANO
KIMIHIKO

Applicant: SUDA YOSHIHIRO; ISHIKAWAJIMA HARIMA HEAVY
IND

Classification:

- international: **B63B39/02; B63B39/00**; (IPC1-7): B63B39/02

- european:

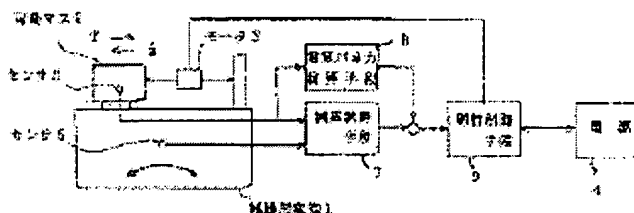
Application number: JP20000259384 20000824

Priority number(s): JP20000259384 20000824

[Report a data error here](#)

Abstract of JP2002068079

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an active anti-rolling device capable of easily realizing a spring element acting on a movable mass. **SOLUTION:** This active anti-rolling device comprises the movable mass 2 linearly moving on an anti-rolling object 1, a motor 3 capable of mutually converting the moving energy of the movable mass 2 and the electric energy, a chargeable power source 4 connected to the motor 3, a sensor 5 for detecting the rolling amount of the anti-rolling object 1, an anti-rolling control means 7 for determining the controlling target force to be acted on the movable mass 2 from the motor 3 for reducing the displacement of the anti-rolling object on the assumption that a mechanical spring force acting on the movable mass 2 corresponding to the displacement of the movable mass 2 exists, an electric spring force operating means 8 for operating the electric spring force acting on the movable mass 2 from the motor 3 corresponding to the displacement of the movable mass 2, and a switching control means for switching and controlling the circuit connection of the motor 3 and the power source 4 on the basis of the controlling target force plus electric spring force.



Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2002-68079
(P2002-68079A)

(43) 公開日 平成14年3月8日 (2002.3.8)

(51) Int.Cl.⁷
B 6 3 B 39/02

識別記号

F I
B 6 3 B 39/02

データベース* (参考)

審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 10 頁)

(21) 出願番号 特願2000-259384 (P2000-259384)

(22) 出願日 平成12年8月24日 (2000.8.24)

(71) 出願人 59511/046

須田 義大

東京都大田区田園調布 2-33-4

(71) 出願人 000000099

石川島播磨重工業株式会社

東京都千代田区大手町 2 丁目 2 番 1 号

(72) 発明者 小池 裕二

神奈川県横浜市磯子区新中原町 1 番地

石川島播磨重工業株式会社機械・プラント開

発センター内

(74) 代理人 100068021

弁理士 絹谷 信雄

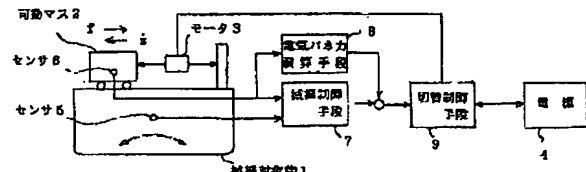
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 能動型減揺装置

(57) 【要約】

【課題】 可動マスに作用するバネ要素が容易に実現できる能動型減揺装置を提供する。

【解決手段】 減揺対象物 1 上で直線移動する可動マス 2 と、この可動マス 2 の移動エネルギーと電気エネルギーとを相互変換するモータ 3 と、このモータ 3 に接続された充電可能な電源 4 と、減揺対象物 1 の動揺状態量を検出するセンサ 5 と、可動マス 2 の移動状態量を検出するセンサ 6 と、可動マス 2 の変位に応じて可動マス 2 に作用する機械的なバネ力が存在する想定のもとで減揺対象物 1 の変位を低減させるためにモータ 3 から可動マス 2 に作用させたい制御目標力を求める減揺制御手段 7 と、可動マス 2 の変位に応じてモータ 3 から可動マス 2 に作用させる電気バネ力を演算する電気バネ力演算手段 8 と、この電気バネ力を加味した制御目標力に基づきモータ 3 と電源 4 との回路接続を切替え制御する切替え制御手段 9 とを備えた。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 減揺対象物上で直線移動する可動マスと、この可動マスの移動エネルギーと電気エネルギーとを相互変換するモータと、このモータに接続された充電可能な電源と、前記減揺対象物の動揺状態量を検出するセンサと、前記可動マスの移動状態量を検出するセンサと、前記可動マスの変位に応じて前記可動マスに作用する機械的なバネ力が存在する想定のもとで前記減揺対象物の変位を低減させるために前記モータから前記可動マスに作用させたい制御目標力を求める減揺制御手段と、前記可動マスの変位に応じて前記モータから前記可動マスに作用させる電気バネ力を演算する電気バネ力演算手段と、この電気バネ力を加味した制御目標力に基づき前記モータと前記電源との回路接続を切替え制御する切替え制御手段とを備えたことを特徴とする能動型減揺装置。

【請求項2】 前記可動マスの移動方向が鉛直方向であることを特徴とする請求項1記載の能動型減揺装置。

【請求項3】 前記可動マスが減揺対象物上に複数存在することを特徴とする請求項1又は2記載の能動型減揺装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、対象物上で可動マスを移動させて対象物の動揺を小さくする能動型減揺装置に係り、特に、バネ要素が容易に実現できる能動型減揺装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】 船舶等の移動体や水上・陸上の構造物の動揺を小さくするための減揺装置として可動マス（重り）を利用したものが知られている。例えば、船体のローリングを小さくするための減揺装置は、船体の横断方向に中央部が低く両端部が高くなった円弧状のレールを設け、このレール上を車輪で走行する移動台車を使用したものであり、ローリングに応じて可動マスが船体の横断方向に移動する。このとき移動した可動マスの重力と慣性力とが揺れの力の逆向きに作用してローリングが小さくなる。ただし、この構成だけでは受動的な減揺作用しか得られない。そこで、ローリングの大きさを検出するセンサを設け、この検出値に応じて可動マスを移動させるアクチュエータを設ける。アクチュエータの力で可動マスを移動させることにより、積極的にローリングを打ち消す方向の力を船体に作用させることができる。このような能動的な減揺作用が得られる減揺装置は、能動型（アクティブ）減揺装置と呼ばれ、受動的な減揺装置に比べて劇的に良好な減揺効果がある。能動型減揺装置にあっては、前記の受動的な減揺作用も複合して得ることができるハイブリッド方式も可能である。

【0003】 能動型減揺装置は、アクチュエータが可動マスを移動させるためにエネルギーを消費するのみでは、経済効率がよくない。一方、ローリングの状態や可動マ

スの移動状態によっては、アクチュエータが可動マスから仕事をされる状態があるが、この仕事を熱に変換してしまうと再利用ができない。そこで、アクチュエータには可動マスの移動エネルギーを蓄積可能なエネルギーに変換できるエネルギー変換器を用い、そのエネルギーを蓄積するエネルギー蓄積手段を用いることにより、エネルギーを回生させることが考えられる。エネルギー変換器は、例えば、モータであり、エネルギー蓄積手段は、例えば、充電可能な電源である。充電したエネルギーでモータを駆動することにより、総合的にはエネルギー消費を低減することができる。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】 ところで、従来の能動型減揺装置は、中央部が低く両端部が高くなった円弧状のレールを設け、このレール上を車輪で走行する移動台車を可動マスとして使用している。このように可動マスが円弧を描いて上下に移動することにより、横移動方向の変位に応じて可動マスに復元力（中央部に戻ろうとする力）をもたらすバネ要素が実現されている。しかし、このようにレールを円弧状に加工するのは容易でない。バネ要素の要求から円弧の曲率を所望の大きさに形成したくとも、レールの加工が困難である。

【0005】 そこで、本発明の目的は、上記課題を解決し、可動マスに作用するバネ要素が容易に実現できる能動型減揺装置を提供することにある。

【0006】

【課題を解決するための手段】 上記目的を達成するために本発明は、減揺対象物上で直線移動する可動マスと、この可動マスの移動エネルギーと電気エネルギーとを相互変換するモータと、このモータに接続された充電可能な電源と、前記減揺対象物の動揺状態量を検出するセンサと、前記可動マスの移動状態量を検出するセンサと、前記可動マスの変位に応じて前記可動マスに作用する機械的なバネ力が存在する想定のもとで前記減揺対象物の変位を低減させるために前記モータから前記可動マスに作用させたい制御目標力を求める減揺制御手段と、前記可動マスの変位に応じて前記モータから前記可動マスに作用させる電気バネ力を演算する電気バネ力演算手段と、この電気バネ力を加味した制御目標力に基づき前記モータと前記電源との回路接続を切替え制御する切替え制御手段とを備えたものである。

【0007】 前記可動マスの移動方向が鉛直方向であってもよい。

【0008】 前記可動マスが減揺対象物上に複数存在してもよい。

【0009】

【発明の実施の形態】 以下、本発明の一実施形態を添付図面に基づいて詳述する。

【0010】 図1に示される本発明の能動型減揺装置は、船体のローリングを小さくするためのものであり、

減揺対象物1である船体に搭載され、この船体上で船幅方向に直線移動する可動マス2と、この可動マス2の移動エネルギーと電気エネルギーとを相互変換するモータ3と、このモータ3に接続されたコンデンサ、バッテリー等の充電可能な電源4と、船体のローリング状態量(変位角、角速度)を検出するセンサ5と、可動マス2の移動状態量(変位、速度)を検出するセンサ6と、可動マス2の変位に応じて可動マス2に作用する機械的なバネ力が存在する想定のもとで船体の変位角を低減させるために可動マス2に作用させたい制御目標力を求める減揺制御手段7と、可動マス2の変位に応じてモータ3から可動マス2に作用させる電気バネ力を演算する電気バネ力演算手段8と、この電気バネ力を加味した制御目標力に基づきモータ3と電源4との回路接続を切替え制御する切替え制御手段9とを備えることにより、可動マス2の変位に応じて可動マス2に復元力をもたらす電気バネ要素が存在する条件下で能動的な減揺制御を行いつつ、エネルギーの回生を行うものである。

【0011】回路構成を説明すると、図2に示されるように、モータ3とコンデンサ4aとの間に切替え制御手段9が設けられ、この切替え制御手段9は、モータ3に対して正逆方向の接続切り替えができるモータ側切替えスイッチ9aと、電圧によって電流が制御できる電流制御器9bと、コンデンサ4aと短絡路9dとの接続切り替えができるコンデンサ側切替えスイッチ9cとからなる。スイッチ9a、9cの切替え及び電流制御器9bの電流制御により、電流の経路・方向・大きさを切り替えることができる。

【0012】なお、可動マス2の移動状態はモータ3の回転状態に比例するので、移動状態量として、回転センサ6aから得られるモータ3の変位角、角速度を用いる。また、ローリング状態量を検出するセンサ5には、角速度を検出する角速度センサ(図示せず)を使用し、変位角は積分によって得る。変位角を検出する角度センサを使用し、角速度は微分によって得るようにしてもよい。

【0013】 r は、モータ3の内部抵抗であり、エネルギーを減衰させる要素となる。

【0014】図3に示されるように、可動マス2の具体的構成としては、船幅方向に伸びた直線状のレール2bを設け、このレール2b上を車輪で走行する移動台車2aを使用する。移動台車2aには、モータ3が搭載されると共に、このモータ3の回転軸に連結された歯車(図示せず)が設けられている。一方、レール2bに沿わせて移動台車2aの歯車に噛み合う直線状の歯車(図示せず)が設けられている。なお、モータ3は、移動台車2aに搭載せずに船体に設置し、そのモータ3の回転軸をボールネジ等の適宜な伝達機構を介して移動台車2aと連動するように構成してもよい。

【0015】このように、本発明では直線状のレールを

使用するが、レールが円弧状になっている場合に働く復元力を電気バネ力でまかなうものである。

【0016】ここで、一般に、外力 F_0 と変位 x との関係を示す物体の運動方程式は、

$$m \ddot{x} + c \dot{x} + kx = F_0 \quad (1)$$

となる。第1項が慣性項、第2項が減衰項、第3項がバネ項である。機械的なバネ要素が存在しない系では、外力 F と変位 x との関係は、

$$m \ddot{x} + c \dot{x} = F \quad (2)$$

となる。よって、機械的なバネ要素が存在しない系において、機械的なバネ要素が存在する系と同等の運動を得るには、

$$F = F_0 - kx \quad (3)$$

となる外力 F が必要になる。即ち、機械的なバネ要素が存在しない系で制御に用いた力 F_0 に、バネ要素による復元力である $-kx$ を加えた力 F を制御に用いることになる。

【0017】以上のことから、本発明は、円弧状レールを用いたときの能動型減揺装置で算出される制御目標力に、円弧状レールがもたらす復元力に等しい電気バネ力を加味して制御目標力を設定することで、直線状レール上の可動マスに復元力が作用しているような振る舞いをさせることができる。

【0018】次に、図4及び数式を用いて図2の回路を用いた能動型減揺装置の動作原理を説明する。

【0019】使用する変数及び定数は、以下の通りである。

【0020】 r ：モータ3の内部抵抗であり、モータ3固有の定数である。

【0021】 ψ ：磁束であり、モータ3固有の定数である。

【0022】 e ：電源4からモータ3への印加電圧であり、変数である。

【0023】 e_i ：モータ3の誘導電圧であり、変数である。

【0024】 i ：モータ3に流れる電流であり、変数である。

【0025】 f ：モータ3から取り出せる力であり、変数である。可動マス2の変位が小さくなる方向(図1の矢印 f)に働く力を正とする。この f は、前記一般の場合の式(3)の F に相当し、機械的なバネ要素を使用した場合のモータ出力 f_0 に $-kx$ を加えたものになる。

【0026】 u_0 ：機械的なバネ要素が存在する条件下で減揺対象物の変位角を低減させるために可動マス2に作用させたい力(制御目標力)であり、変数である。方向は f と同じ。

【0027】 u ：電氣的バネ要素を加味した制御目標力であり、変数である。方向は f と同じ。

【0028】 E_c ：消費電力であり、変数である。

【0029】 z^{\cdot} ：可動マスの減揺対象物に対する相対速度（モータ3の角速度）であり、変数である（ z^{\cdot} はイメージでは z 上に \cdot で表記）。図1の矢印 z^{\cdot} の方向を正とする。

【0030】まず、可動マスの速度と誘導電圧との関係は、

$$e_i = \psi \cdot z^{\cdot} \quad (4)$$

である。

【0031】また、モータ3に流れる電流とモータ出力 f との関係は、

$$f = \psi \cdot i \quad (5)$$

である。

【0032】ここでモータ3の両端を短絡すると、可動マス2の速度が z^{\cdot} であれば、モータ3に流れる電流 i は、式(4)より、

$$i = (\psi / r) \cdot z^{\cdot} \quad (6)$$

となる。

【0033】式(6)と式(5)とからモータ出力 f

$$\begin{aligned} E_c &= i \cdot e \\ &= (u / \psi) \cdot e \\ &= (1 / C_{eq}) \cdot u (u - C_{eq} \cdot z^{\cdot}) \end{aligned} \quad (10)$$

となり、さらに変形していくと、

【0038】

$$E_c = C_{eq} (\dot{z})^2 \left(\frac{u}{C_{eq} \dot{z}} \right) \left(\frac{u}{C_{eq} \dot{z}} - 1 \right) \quad (11)$$

【0039】となる。

【0040】ここで、 $u / (C_{eq} \cdot z^{\cdot})$ を回生変数と呼ぶことにする。この回生変数によって変化する消費電力 E_c をグラフに表すと、図4に示されるように、放物線となる。そして、 $0 < \text{回生変数 } u / (C_{eq} \cdot z^{\cdot}) \leq 1$ のときに消費電力 E_c が負になることが分か

$$0 < u / (C_{eq} \cdot z^{\cdot}) \leq 1 \quad (12)$$

等価減衰係数 C_{eq} の値によって、回生変数が式(12)を満足する範囲、即ちエネルギー回生が可能な範囲が変化し、等価減衰係数 C_{eq} が大きいほどエネルギー回生が可能な範囲が増えることが分かる。

【0042】このようにして、本発明の能動型減揺装置は、移動速度 z^{\cdot} を分母とし制御目標力 u を分子とする回生変数が0から1の範囲にあるとき、エネルギーを回生して蓄積し、その後、蓄積してあるエネルギーを放出して減揺に利用することができる。なお、回生変数が0より小さいのは、制御目標力 u と移動速度 z^{\cdot} とが異符号になるときであり、例えば、可動マス2が左向きに動いているときに左向きに力を加えること、即ち可動マス2を速度の方向に加速させることに相当し、エネルギーを回生することができない。制御目標力 u と移動速度 z^{\cdot} とが同じ符号のときは、回生変数が1より大きいのは制御目標力 u が移動速度 z^{\cdot} の等価減衰係数倍より大きい場合に相当し、エネルギーを回生することができない。回生変

は、

$$f = (\psi^2 / r) \cdot z^{\cdot} \quad (7)$$

となる。

【0034】これより、モータ3の両端を短絡したときには、モータ3は等価的に減衰係数が ψ^2 / r であるダンパとして機能することがわかる。そこで、等価減衰係数 $C_{eq} = \psi^2 / r$ を定義する。

【0035】このモータ3に電圧可変の電源4を接続し、この電源4の電圧を変化させてアクティブ制御を行うことを考える。この電源4の電圧 e と制御目標力 u との関係は、

$$u = \{\psi (e + \psi \cdot z^{\cdot}) / r\} \quad (8)$$

となる。

【0036】これより、

$$e = u \cdot r / \psi - \psi \cdot z^{\cdot} \quad (9)$$

となる。

【0037】このときの電源4における消費電力 E_c

は、

【数1】

る。消費電力 E_c が負になるということは、エネルギーが回生されていることになる。即ち、能動的な減揺制御を行うと同時にエネルギーの回生を行うことが可能な条件は、式(12)のようになる。

【0041】

数が0から1の範囲にあるのは制御目標力 u が移動速度 z^{\cdot} の等価減衰係数倍より小さい場合に相当し、このときのみエネルギーを回生することができる。

【0043】次に、図5、図6及び数式を用いて本発明の能動型減揺装置の詳細な動作を説明する。図5は、図1に対応する制御ブロック図である。図6は、図2の回路の制御内容を示す。使用する変数及び定数は、以下の通りである。

【0044】 u_0 ：機械的バネ要素が存在する条件下で減揺対象物の変位を低減させるために可動マス2に作用させたい力（制御目標力）であり、演算で求める変数である。方向は f と同じ。

【0045】 u ：電気的バネ要素を加味した制御目標力であり、演算で求める変数である。方向は f と同じ。

【0046】 f ：モータ3から取り出される力＝可動マス2に作用する力であり、演算で求め、実際に出力される変数である。

【0047】 z , \dot{z} : 可動マス2の移動状態量(変位、速度)であり、センサで検出する変数である(\dot{z} はイメージでは z 上に \cdot で表記)。

【0048】 θ , $\dot{\theta}$: 船体のローリング状態量(変位角、角速度)であり、センサで検出する変数である($\dot{\theta}$ はイメージでは θ 上に \cdot で表記)。

【0049】 $Ceq: \psi^2 / r$ で定義され、モータ3の両端を短絡したときの等価減衰係数であり、モータ固有の定数である。

【0050】図5において、減揺制御手段7は、変位 z 、速度 \dot{z} 、変位角 θ 、角速度 $\dot{\theta}$ に基づき制御目標力 u_0 を求める。本発明の能動型減揺装置には機械的なバネ要素がなく、電気的なバネ要素を用いている。その電気バネ力は、電気バネ力演算手段8により、可動マス2の直線方向の変位 z に機械的なバネ要素のバネ定数 k に相当するゲインを乗じることによって得られる。この電気バネ力と制御目標力 u_0 とから最終的な制御目標力 u を求めると、

$$u = u_0 - k z \quad (13)$$

となる。

【0051】切替え制御手段9は、制御目標力 u を速度 \dot{z} と等価減衰係数 Ceq とにより除算して回生変数 $u / (Ceq \cdot \dot{z})$ を求め、この回生変数の値によって、以下の3つのモードを判別する。

【0052】1) $0 < u / (Ceq \cdot \dot{z}) \leq 1$

2) $1 < u / (Ceq \cdot \dot{z})$

3) $u / (Ceq \cdot \dot{z}) \leq 0$

また、電流制御器9bの開度とモータ3に流れる電流 i とは、さらに6つの場合(a)~(f)に別けてそれぞれ演算により求められる。

【0053】1)のモードは、減揺制御に必要な制御目標力 u がモータ3を短絡してダンパとして機能させたときの減衰力 f よりも小さいモードである。このモードでは、エネルギーを加えなくても減衰力を下げることによって制御目標力 u に追従させることが可能である。即ち、図6(a)に示されるように、モータ側切替えスイッチ9aによって電流 i を整流すると共に、コンデンサ側切替えスイッチ9cによりコンデンサ4aを接続し、電流制御器9bの電圧によってコンデンサ4aに充電される電流の量を制御する。これにより、モータ3から取り出される力 f を制御目標力 u に追従させることが可能である。この図6(a)の状態は、図5における(a)の場合に相当する。

【0054】しかし、電流制御器9bの開度を100%にしてもモータ3から取り出される力 f を制御目標力 u に追従させることができないときは、減揺性能を確保するために、図6(b)に示されるように、コンデンサ側切替えスイッチ9cによってコンデンサ4aを回路から除外し、電流制御器9bとモータ3とで閉回路を構成する。これにより電流制御器9bの開度によるモータ3の

出力 f の制御を行う。この図6(b)の状態は、図5における(b)の場合に相当する。

【0055】2)のモードは、減揺制御に必要な制御目標力 u がモータ3を短絡してダンパとして機能させたときの減衰力 f よりも大きいモードである。このモードでは、コンデンサ4aからエネルギーを放出させ、このエネルギーをモータ3に与えて減衰力を増加させる。即ち、図6(c)に示されるように、モータ側切替えスイッチ9aにより電流の方向を切り換える。この図6(c)の状態は、図5における(c)の場合に相当する。

【0056】しかし、コンデンサ4aの電圧が低すぎて逆極性充電が起きそうなときは、図6(d)に示されるように、コンデンサ4aを回路から除外し、モータ3を短絡したことによる受動的な減衰力を得る。この図6(d)の状態は、図5における(d)の場合に相当する。

【0057】3)のモードは、減揺制御に必要な制御目標力 u がモータ3を短絡してダンパとして機能させたときの減衰力 f と逆方向になるモードである。このモードでは、負の減衰力 f が必要となるので、図6(e)に示されるように、モータ側切替えスイッチ9aによって誘導電圧を打ち消す方向にコンデンサ4aを接続し、コンデンサ4aからエネルギーを放出させ、このエネルギーをモータ3に与えて可動マス2を加速させる。この図6(e)の状態は、図5における(e)の場合に相当する。

【0058】しかし、コンデンサ電圧よりも誘導電圧の絶対値が高いときには、図6(f)に示されるように、電流制御器9bの開度を0%、即ち、モータ3の両端を絶縁し、能動的減揺制御は行わない。この図6(f)の状態は、図5における(f)の場合に相当する。

【0059】以上の説明において、図6は、全て $\dot{z} \geq 0$ のときのものである。 $\dot{z} < 0$ のときは、モータ3の接続方向を逆転させればよい。

【0060】このようにして、図2の回路を採用した場合の制御内容は、図6(a)~図6(f)のようになる。

【0061】本発明の能動型減揺装置を数値計算により評価する。

【0062】まず、減揺装置を稼働させないで減揺対象物1にローリングを与え、変位角を計測した。その結果は図7(a)のようになった。ここで横軸は時間、縦軸はローリング変位角である。次に、図7(a)のようなローリングが発生する環境下で、円弧状レールにより機械的バネ要素を実現した減揺装置を稼働させたとき、ローリングは図7(b)のようになった。さらに、同じ環境下で、電気的バネ要素を有する本発明の減揺装置を稼働させたとき、ローリングは図7(c)のようになった。これらの結果を比較すると、本発明の減揺装置は、機械的バネ要素を用いたものと同等の減揺効果を得てい

ることが分かる。

【0063】また、上記の計測と並行して可動マス2の変位を計測した。機械的バネ要素を用いた減揺装置では、可動マス2の変位は図8(a)のようになった。ここで横軸は時間、縦軸は変位である。一方、電気的バネ要素を有する本発明の減揺装置では、可動マス2の変位は図8(b)のようになった。これらの結果を比較すると、可動マス2の変位は両者とも同程度である。即ち、円弧状レールを使用するつもりで求めた制御目標力を電気バネ力を補正すれば、直線状レールを使用して可動マス2の挙動を同じにできるということが分かる。

【0064】さらに、上記の計測と並行して電源4への充電量を調べた。具体的には、電源4としてコンデンサを考え、このコンデンサの電圧を求めた。機械的バネ要素を用いた減揺装置では、コンデンサ電圧は図9(a)のようになった。ここで横軸は時間、縦軸は電圧である。一方、電気的バネ要素を有する本発明の減揺装置では、コンデンサ電圧は図9(b)のようになった。これらの結果を比較すると、コンデンサが充放電を繰り返すタイミングは両者とも同じである。即ち、切替え制御手段9の動作は同等である。また、コンデンサ電圧の平均的な高さは図9(a)のほうが高い。これは、本発明の減揺装置が電気バネ力を取り出しているために充電量が少なくなっていることを示している。

【0065】以上の計算結果から、本発明の能動型減揺装置は、十分な減揺能力を持ち、なおかつ、エネルギーの回生能力を持つことが証明された。

【0066】次に、本発明の他の実施形態を説明する。前述の可動マス2は、船体上で略水平方向に移動するものであったが、電気的にバネ要素を実現している本発明では、可動マス2の移動方向は水平方向に限定されない。

【0067】図10に示した能動型減揺装置は、可動マス2が移動するレールを傾斜させたものである。傾斜角を α とすると、可動マス2には、傾斜に沿った変位 z には関係なく、常に重力成分 W として $mg \sin \alpha$ の力が作用する(m は可動マス2の質量、 g は重力加速度)。この場合、最終的な制御目標力 u は、

$$u = u_0 - mg \sin \alpha - k z \quad (14)$$

となる。

【0068】図11に示した能動型減揺装置は、可動マス2が移動するレールを鉛直に立てたものである。可動マス2には、常に重力成分 W として mg の力が作用する。この場合、最終的な制御目標力 u は、

$$u = u_0 - mg - k z \quad (15)$$

となる。

【0069】図10の場合も図11の場合も図5において u_0 出力に対し重力成分 W を補正することで、減揺制御を行うことが可能である。

【0070】図12に示した能動型減揺装置は、鉛直に

移動する可動マス2が2つ存在するものである。図示のように、2つの可動マス2及びモータ3を左右対称の位置に設け、それぞれ可動マス2の移動エネルギーと電気エネルギーとを相互変換する。このように、複数の可動マス2を対称配置することによって力学的なバランスが良くなる。

【0071】

【発明の効果】本発明は次の如き優れた効果を発揮する。

【0072】(1) 円弧状レール等の機械的バネ要素を使用しないので、能動型減揺装置は機械構成が簡素化され、低コスト化される。

【0073】(2) モータ制御の演算中に電気バネ力の演算を組み込んだので、モータを利用して所望のバネ定数を持つバネ要素が容易に実現できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施形態を示す能動型減揺装置の構成図である。

【図2】図1の能動型減揺装置の回路構成図である。

【図3】本発明に使用する可動マスの構成図である。

【図4】本発明に基づく回生変数対消費電力特性を示す図である。

【図5】図1に対応する制御ブロック図である。

【図6】図2の回路の制御内容を示す状態図である。

【図7】ローリング変位角の時間波形図である。(a)は減揺装置非稼働のとき、(b)は従来の減揺装置を稼働させたとき、(c)は本発明の減揺装置を稼働させたときの図である。

【図8】可動マスの変位の時間波形図である。(a)は従来の減揺装置を稼働させたとき、(b)は本発明の減揺装置を稼働させたときの図である。

【図9】コンデンサ電圧の時間波形図である。(a)は従来の減揺装置を稼働させたとき、(b)は本発明の減揺装置を稼働させたときの図である。

【図10】本発明の他の実施形態を示す可動マスの構成図である。

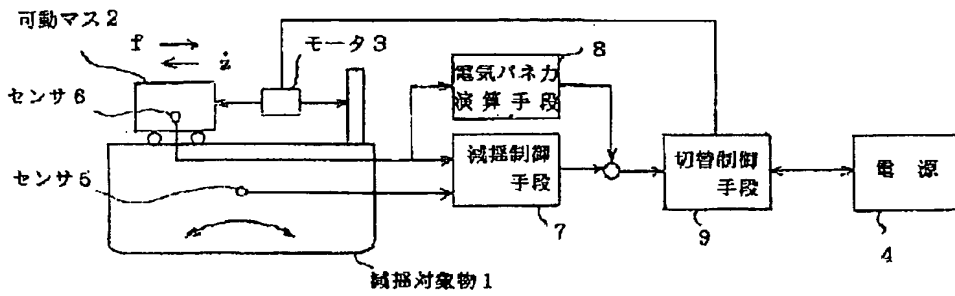
【図11】本発明の他の実施形態を示す可動マスの構成図である。

【図12】本発明の他の実施形態を示す可動マスの構成図である。

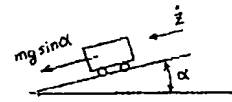
【符号の説明】

- 1 減揺対象物(船体)
- 2 可動マス
- 3 モータ
- 4 電源
- 5 センサ(動揺状態量用)
- 6 センサ(移動状態量用)
- 7 減揺制御手段
- 8 電気バネ力演算手段
- 9 切替え制御手段

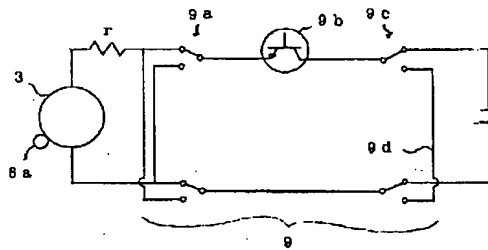
【図1】



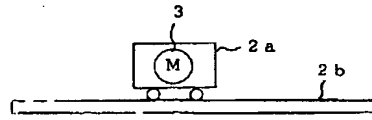
【図10】



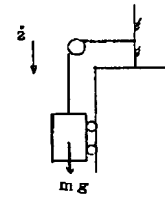
【図2】



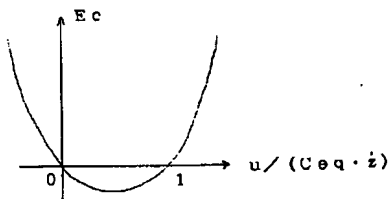
【図3】



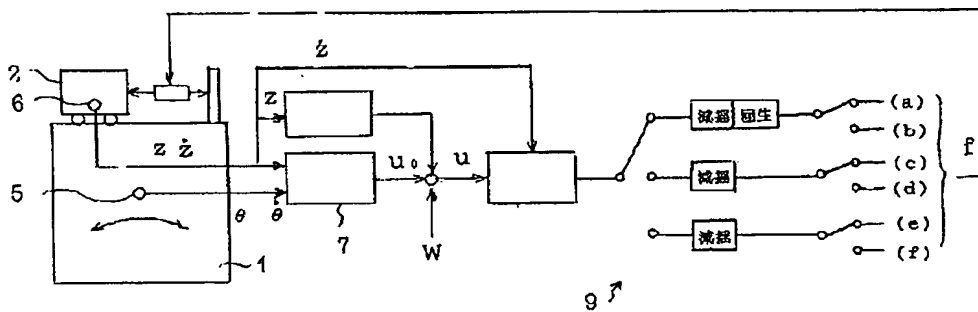
【図11】



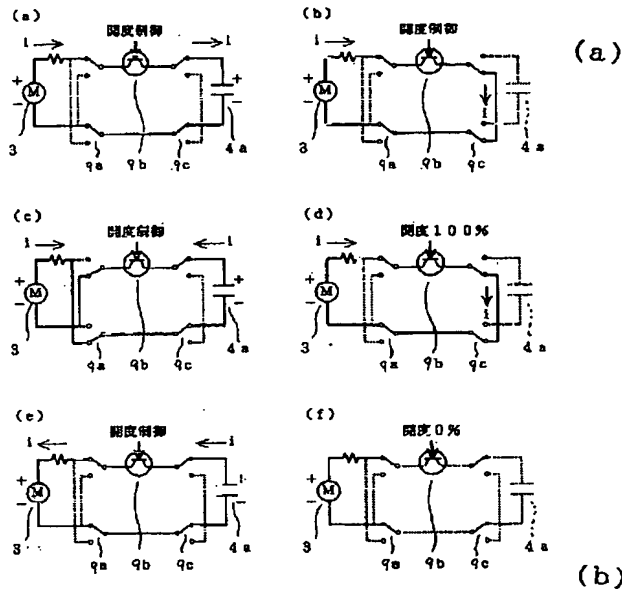
【図4】



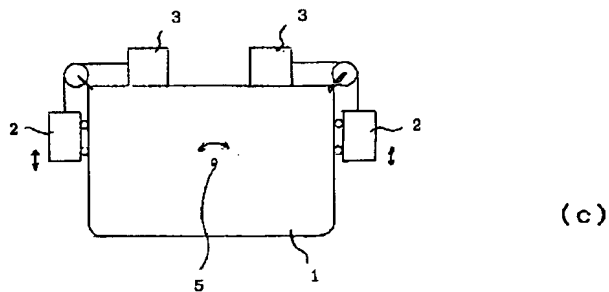
【図5】



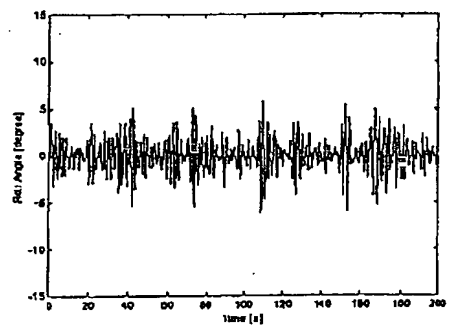
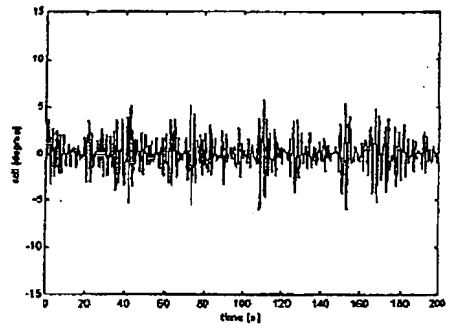
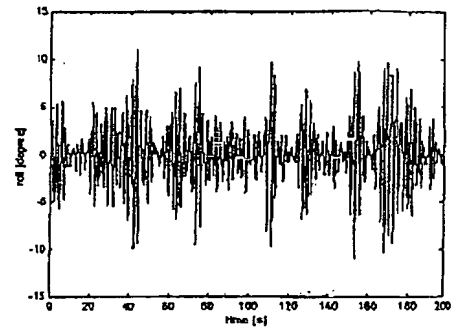
【図6】



【図12】

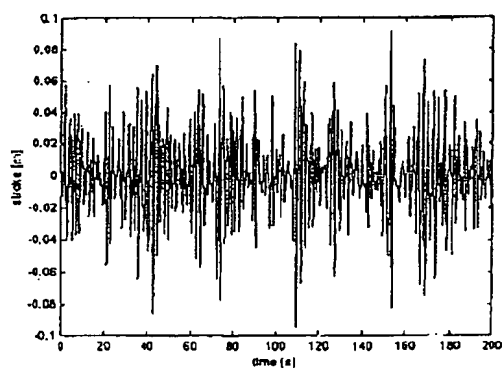


【図7】

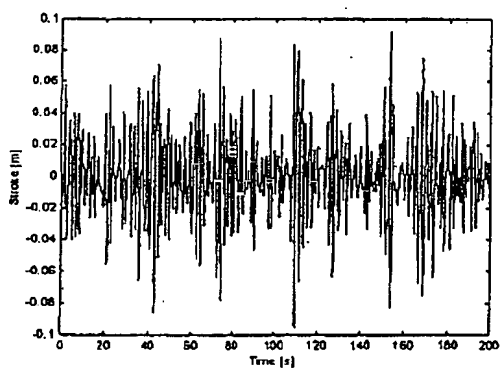


【図8】

(a)

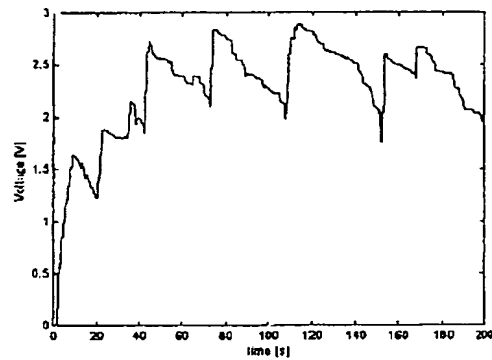


(b)

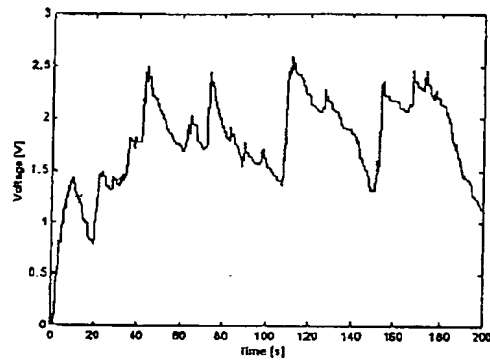


【図9】

(a)



(b)



フロントページの続き

(72)発明者 谷田 宏次
神奈川県横浜市磯子区新中原町1番地 石
川島播磨重工業株式会社機械・プラント開
発センター内
(72)発明者 今関 正典
東京都江東区豊洲三丁目1番15号 石川島
播磨重工業株式会社東京エンジニアリング
センター内

(72)発明者 山田 真吾
東京都江東区豊洲三丁目1番15号 石川島
播磨重工業株式会社東京エンジニアリング
センター内
(72)発明者 須田 義大
東京都大田区田園調布2丁目33番4号
(72)発明者 中野 公彦
山口県宇部市常盤台2丁目16番1号